



Zukunft mit Wasserstoff: (Effekte der) Integration von Wasserstoff in das europäische Stromsystem – Magda Mirescu

APG sorgt für Österreichs Stromsicherheit



Zukunftsfitte Stromübertragungs-Infrastruktur

Wir planen, bauen und optimieren das österreichweite Übertragungsnetz der Zukunft



Stromnetzsteuerung & Systemverantwortung

Wir sind verantwortlich für den sicheren Strombetrieb Österreichs (24/7, 365 Tage)

Übertragungsnetz als Basis für die Energiezukunft

Wir integrieren mit dem Übertragungsnetz die erneuerbaren Energien: die effektivste Flexibilitätsoption



Marktermöglicher

Wir gestalten die Systeme für den europäischen Strommarkt (z.B. Handel, Import/Export) mit



Einleitung (1)

ENTSO-E und TYNDP



- **ENTSO-E:** European Network for Transmission System Operators for Electricity
 - **Verband** europäischer Übertragungsnetzbetreiber für Strom.
 - Übertragungsnetzbetreiber sind **Pflichtmitglieder**.
- Innerhalb ENTSO-E werden **mehrere Projekte** auf europäischer Ebene geführt (z.Bsp.: BZR, TYNDP, usw.)
- **TYNDP:** Ten Year Network Development Plan
 - **Weiterentwicklung des Höchstspannungsstromnetzes** in den nächsten 10 bis 20 Jahren;
 - **2-jähriger Prozess:** z. Bsp. 2018 für 2020, 2020 für 2022;
 - Jede 2-jährige Runde hat **einen anderen Fokus**, der sich an den gegenwärtigen Erwartungen orientiert;
 - Mehr als **200 ExpertInnen aus ganz Europa** beteiligt;
 - Beurteilung von 2 Arten von Projekten via CBA: **Storage und Transmission Projects**.

Links: <https://www.entsoe.eu/> | <https://tyndp.entsoe.eu/about-the-tyndp> | TYNDP 2020 Project Collection (tyndp2020-project-platform.azurewebsites.net)

Einleitung (2)

TYNDP 2022 – National Trends 2040 (NT 2040)



Figure 2: TYNDP Scenario horizon and framework

○ National Trends:

- Szenario **im Einklang mit nationalen Energie- und Klimapolitiken** (NECPs), langfristigen nationalen Strategien & Wasserstoffstrategien;
- **Strom- und Gasdatensätze** stammen von einzelnen TSOs und berücksichtigen die aktuellsten Richtlinien & Marktentwicklungen pro Land;

- 2 sog. Top-Down-Szenarien (Distributed Energy & Global Ambition);
 - „full energy scenarios“ (**alle Sektoren, alle Energieträger**) zur Beurteilung der Klimaziele.

Links: https://2022.entsos-tyndp-scenarios.eu/wp-content/uploads/2021/04/entsog_entso-e_TYNDP2022_Joint_Scenarios_Final_Storyline_Report_210421.pdf

Methode (1)



Status Quo: APG-Strommarktmodell für TYNDP

- **Modellentwicklung:** in-house (Eigenentwicklung)
- **Bedienbarkeit:** über  (Varied Market-Models Operating System)
- **Eingesetzte Methode:** Mixed Integer Linear Programming (MILP)
- **Verwendete Software:** General Algebraic Modeling System (GAMS)
- **Zielfunktion:** Minimierung der gesamten variablen Kosten
- **Auflösung:**
 - Zeitlich: stundenscharf
 - Technologisch: kraftwerksscharf und knotenscharf
 - Geographisch: marktgebietsscharf
- **Geographische Reichweite:** 66 europäische Marktgebiete
 - AL00, AT00, BA00, BE00, BG00, CH00, CY00, CZ00, DE00, DEKF, DKE1, DKKF, DKW1, DZ00, EE00, ES00, FI00, DR15, GR00, GR03, HR00, HU00, IE00, IL00, IS00, ITCN, ITCN, ITN1, ITS1, ITSA, ITSI, LT00, LUB1, LUF1, LUG1, LUV1, LV00, MA00, MD00, ME00, MK00, MT00, NL00, NOM1, NON1, NOS0, PL00, PT00, RO00, RS00, SE01, SE02, SE03, SE04, SI00, SK00, TN00, TR00, UA01, UA02, UK00, UKNI, ITCO, PLE0, PLIO

Methode (2)

Kurz-Info: Modellinputs und -outputs



Inputs

- **Stammdaten:**
 - Kraftwerksdaten
 - Netzdaten
- **Zeitreihen:**
 - Lastdaten
 - Brennstoffpreise
 - Erzeugung RES (Wind, PV, RoR)
 - Zufluss
 - Speicherinhalt
 - Handelseinschränkungen Grenzen via NTC

Outputs

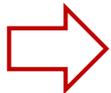
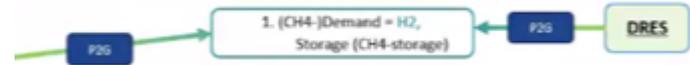
- **Strompreis:**
 - Pro Marktgebiet
 - stündlich
- **Optimaler lastdeckender Kraftwerkseinsatz:**
 - Erzeugungszeitreihen pro KW
 - Pumpzeitreihen pro PS-KW
- **Optimale Grenzflüsse**

Methode (2)



H₂-Konfiguration 1 – CH₄-Bereitstellung aus H₂

- Vorhandensein **je eines H₂-Knotens pro Marktgebiet**;
- Nachfrage nach CH₄ kann **durch umgewandeltes H₂ gedeckt** werden (bei diesem Prozess entstehen Verluste);
- Deckung der fix **vorgegebenen CH₄-Nachfrage** durch:
 - Den **Output der P2G-Anlagen** durch Bezug von Strom aus dem **Stromnetz**;
 - Den **Output der P2G-Anlagen** durch Bezug von Strom aus **lokalen DRES** (fixe Erzeugungszeitreihen);
 - Erzeugung und Umwandlung von H₂ zu **CH₄ nur bis einem fixen Preis**, dem sog. Cut-off-Preis;
- **Erhöhung der Stromnachfrage** durch den zusätzlichen Bedarf an Strom durch die Elektrolyseure, die am Stromnetz hängen;



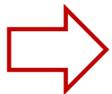
Erweiterung des bestehenden Status-Quo-Strommarktmodells um zusätzliche Variablen und Nebenbedingungen

Methode (3)

H₂-Konfiguration 2 – Stahlspeicher für H₂



- Vorhandensein **je eines H₂-Knotens pro Marktgebiet**;
- Möglichkeit zur **Speicherung von H₂ in Stahlbehältern** (max je 1/Marktgebiet) mit:
 - Vorgegebenem Volumen;
 - Vorgegebenen Einspeise- und Entnahmegrenzen;
- Modellierung der Stahlbehälter ähnlich wie die **Pumpspeichermodellierung**;
- Deckung der fix **vorgegebenen Nachfrage nach H₂** durch:
 - Den **Output von P2G-Anlagen**, die Strom vom **TSO-Knoten** beziehen;
 - Den **Bezug vom Speicher**;



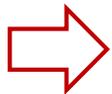
Passende Integration im Status-Quo-Modell

Methode (4)

H₂-Konfiguration 3 – CH₄-Dampfreformierung



- Je ein H₂-Knoten pro Marktgebiet;
- Existenz von P2G- und SMR-Anlagen pro Marktgebiet;
- Einsatz der SMR-Anlagen ab einem von Experten bestimmten sog. Cut-In-Preis:
 - Strompreis < SMR-Cut-In-Preis → Deckung der H₂-Nachfrage durch Elektrolyseur;
 - Strompreis > SMR-Cut-In-Preis → Deckung der H₂-Nachfrage durch Dampfreformierer;
- Deckung der fix vorgegebenen H₂-Nachfrage durch:
 - Den Output der am TSO-Knoten angehängten P2G-Anlage;
 - Die Produktion der SMR-Anlage;



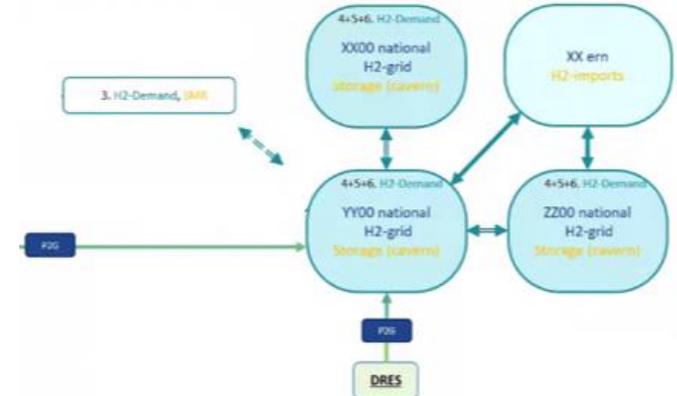
Passende Integration im Status-Quo-Modell

Methode (5)

H₂-Konfiguration 4 – H₂-Markt

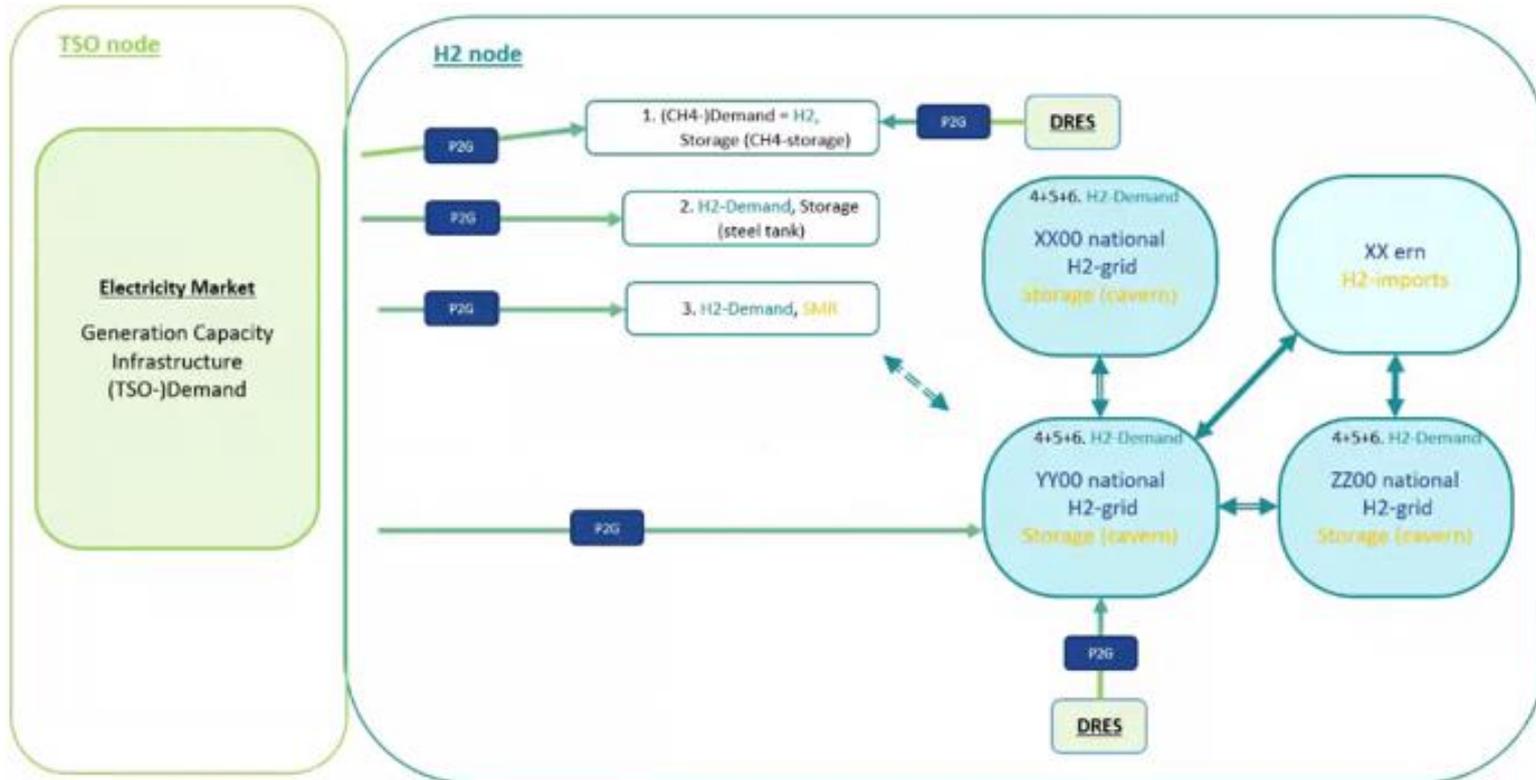


- Je ein **H₂-Knoten pro Marktgebiet**;
- Möglichkeit zur **Speicherung in sog. Salzkavernen** mit fix vorgegebenen:
 - Speichervolumen pro Marktgebiet;
 - Einspeise- und Entnahmeschranken;
- Berücksichtigung von **Importen aus Ländern außerhalb Europas** durch zusätzlich angenommene Existenz von H₂-Mengen in gewissen TYNDP-Marktgebieten;
- **Deckung der H₂-Nachfrage** durch:
 - Output der P2G-Anlagen, die am TSO-Knoten hängen;
 - Output der P2G-Anlagen, die lokal Strom aus DRES beziehen;
 - Die Produktion der SMR-Anlage;
 - Den Bezug vom Speicher;
 - Importe aus benachbarten Ländern;



Methode (6)

H₂-Konfiguration alle



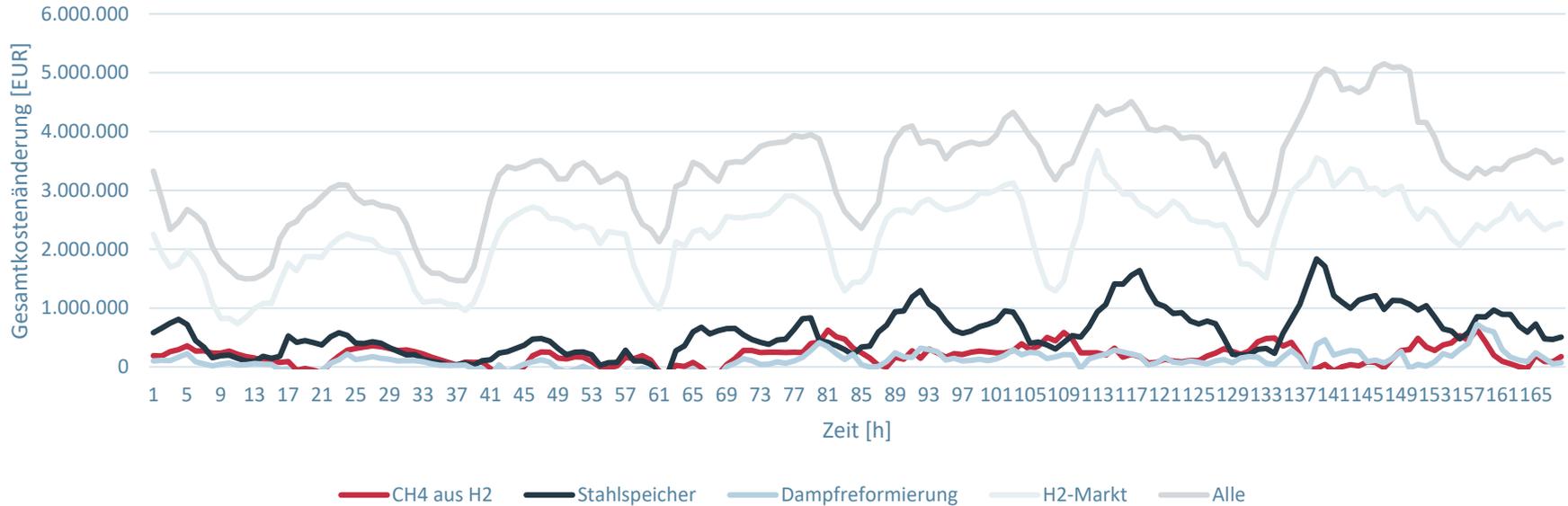
Ergebnisse (1)



Gesamtsystemkostenänderungen relativ zum Status Quo

Erste Ergebnisse repräsentativ für Kalenderwoche 13 (24. – 30.03.) aus dem Jahr 2040

Gesamtsystemkostenänderung pro Stunde

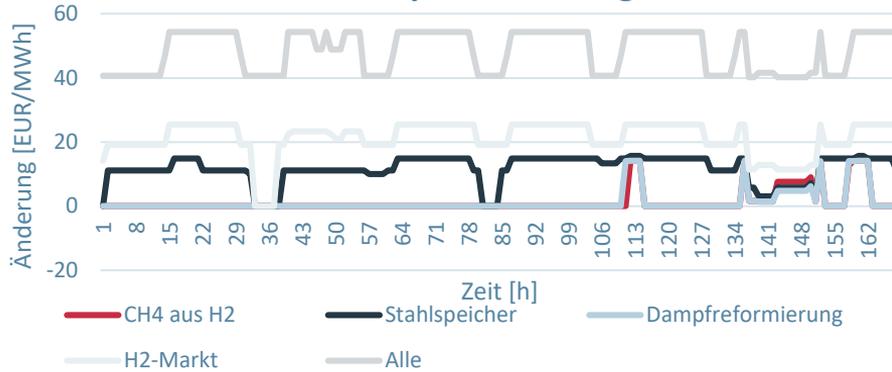


Ergebnisse (2)

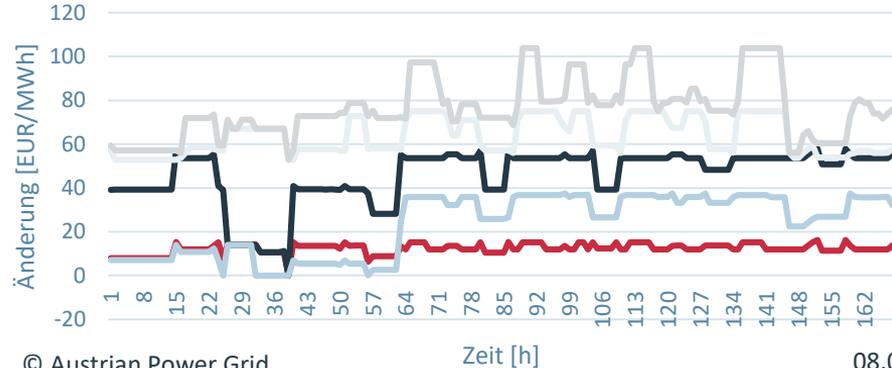
Strompreisänderungen relativ zum Status Quo



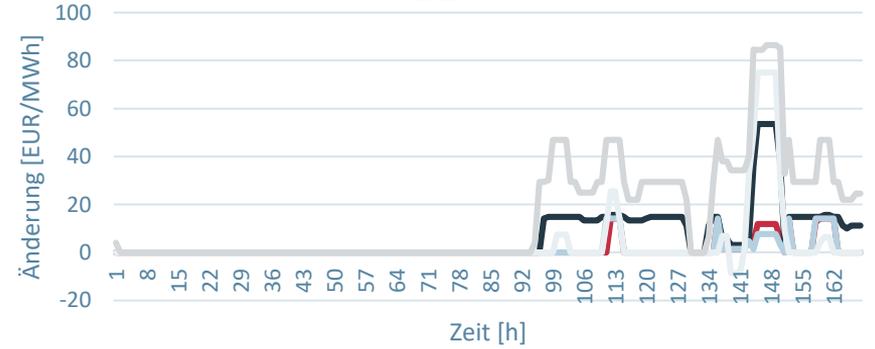
AT-Strompreisänderung



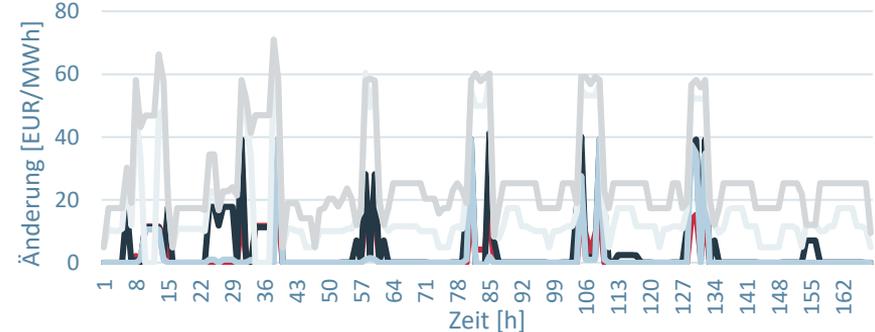
CZ



DE

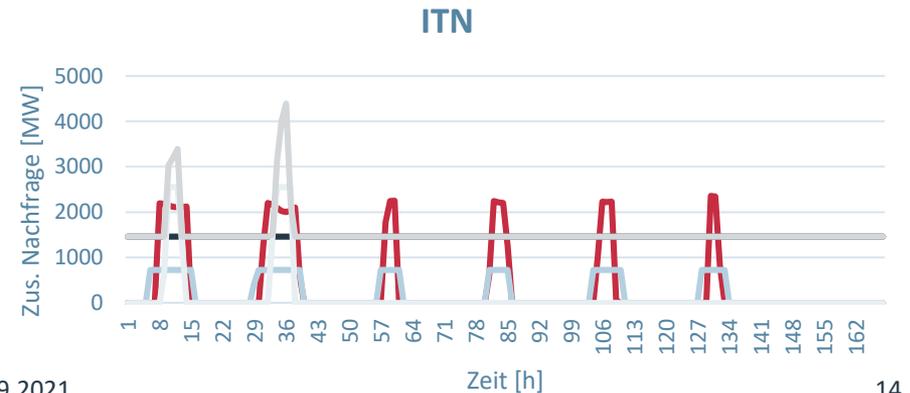
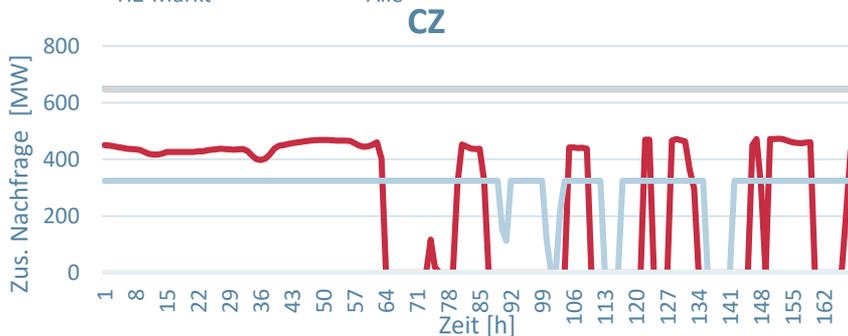
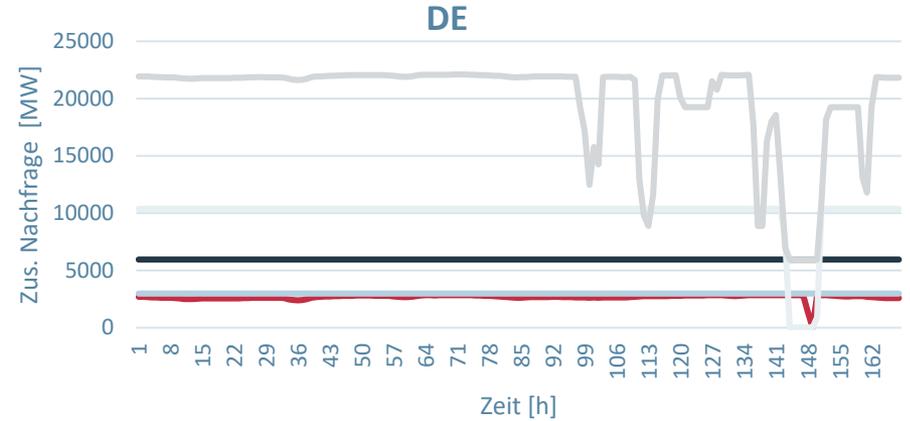
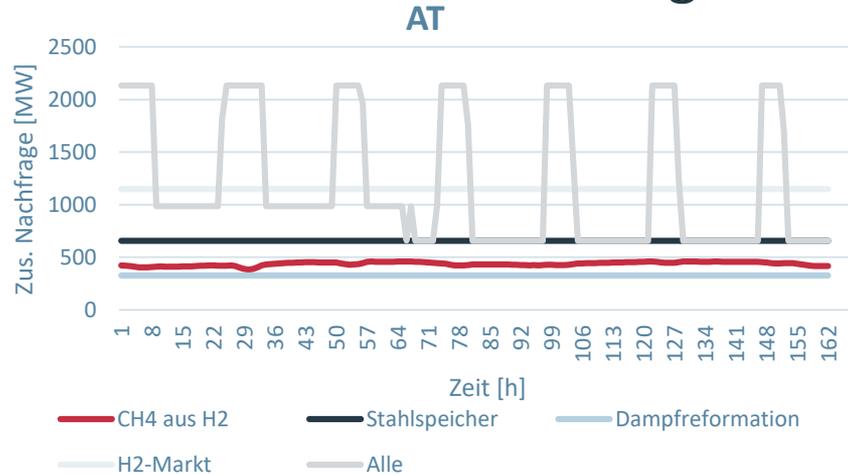


ITN



Ergebnisse (3)

Zusätzliche Stromnachfrage



Schlussfolgerungen



Allgemein (Ergebnisse für Beispielwoche im März 2040)

- **Gesamtsystemkostenerhöhung in AT** relativ zum Status Quo:
 - **Durchschnitt** (MEUR/h): **0.19** (CH₄ aus H₂), **0.58** (Stahlspeicher), **0.10** (Dampfreformation), **2.25** (H₂-Markt), **3.32** (Alle)
 - **Wochensumme** (MEUR): **32.22** (CH₄ aus H₂), **97.44** (Stahlspeicher), **17.25** (Dampfreformation), **379.16** H₂-Markt), **559.28** (Alle)
- **Strompreiserhöhung in AT** relativ zum Status Quo:
 - **Durchschnitt** (EUR/MWh): **1.27** (CH₄ aus H₂), **11.63** (Stahlspeicher), **1.23** (Dampfreformation), **21.25** (H₂-Markt), **48.49** (Alle)
- Zusätzliche **Stromnachfrage in AT** relativ zum Status Quo:
 - **Durchschnitt** (MWh): **436.54** (CH₄ aus H₂), **656.33** (Stahlspeicher), **328.16** (Dampfreformation), **1148.58** (H₂-Markt), **1230.92** (Alle)
 - **Wochensumme** (GWh): **73.34** (CH₄ aus H₂), **110.26** (Stahlspeicher), **55.13** (Dampfreformation), **192.96** (H₂-Markt), **206.79** (Alle)

Weitere Schritte



- Integration der **5 unterschiedlichen Modellvarianten** in 
- Lieferung von **Berechnungsergebnissen** für alle Konfigurationen für das **gesamte Jahr 2040**;
- Durchführung von **Sensitivitätsanalysen**:
 - Variation des SMR-Cut-In-Preises;
 - Variation des CH₄-Cut-Off-Preises;
 - Potentialerweiterungen der Salzkavernen;
 - Erhöhung der vorhandenen Importen aus Ländern außerhalb der TYNDP-Länder;
- Eventuell **Änderungen / Anpassungen in der Modellierung** falls:
 - **Neue Vorgaben** von TYNDP kommen werden;
 - Sich **unplausible Ergebnisse** ergeben.

Dipl.-Ing. Dr. techn. Magda Mirescu, B.Sc

Abteilung für Marktmanagement

E-Mail: magda.mirescu@apg.at

Handy: +43 664 883 42 951

Telefon: + 43 50 320 56195

The APG logo is displayed in white, with the letters 'A', 'P', and 'G' in a stylized, bold font. The logo is set against a background of red and white light trails that swirl around it, creating a dynamic and modern appearance. The background of the entire slide is a night-time aerial view of a city with lights, and snow-capped mountains in the distance under a dark sky.

APG

Danke für die Aufmerksamkeit!